

**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE MADRID**

**ESCUELA POLITECNICA SUPERIOR**



**Grado en Ingeniería Informática**

## **TRABAJO FIN DE GRADO**

**Diseño e implementación de un sistema de detección de caídas  
para *smartwatch***

**Marta Valls Rodríguez**

**Tutor: Javier Gómez Escribano**

**Ponente: Germán Montero Manrique**

**JUNIO 2018**



# **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE DETECCIÓN DE CAÍDAS PARA *SMARTWATCH***

**AUTOR: Marta Valls Rodríguez**  
**TUTOR: Javier Gómez Escribano**

**Amllab**  
**Dpto. De Ingeniería Informática**  
**Escuela Politécnica Superior**  
**Universidad Autónoma de Madrid**  
**Junio de 2018**





# Resumen (castellano)

En uno de cada diez hogares en España (0) vive una persona mayor o igual a 65 años sola. Por tanto, la probabilidad de que esas personas se caigan dentro de casa con graves consecuencias y sin posibilidad de poder avisar a nadie van aumentando a la par que aumenta su edad y su dependencia. Es por ello por lo que cada vez resulta más complicado a familiares estar seguros de que estas personas están bien.

Para mejorar esta circunstancia, tanto para el individuo que cada vez será más dependiente como para sus parientes, desde *AmIlab* se ha pensado en diseñar una aplicación para smartwatch que detecte caídas y realice alertas a personas cercanas cuando éstos se caigan o incluso dar avisos a emergencias en caso de necesidad.

Todo ello plantea un reto en el campo de detección de caídas, ya que el sistema tiene que tener un porcentaje muy cercano al cien por cien de eficacia para no dar falsos positivos/negativos, lo que hace de vital importancia tener un *dataset* completo para, más tarde, ser capaz de entrenar un sistema con esos datos.

Por tanto, este trabajo de fin de grado pretende crear una herramienta para la creación de tal *dataset* en condiciones óptimas. Habrá dos aplicaciones, una para *smartwatch* y otra para *smartphone*, de tal modo que la primera recogerá todos los datos captados por los sensores en el momento de la caída y será la segunda la que procesará todos ellos creando así una base de datos completa con todos los tipos de caídas posibles, todo ello siendo lo más fiel a la realidad.

# Abstract (English)

One in ten households in Spain (0) is inhabited by person equal to or greater than 65 years old. The probability to suffer unexpected falls for them with serious consequences, and without any possibility to anyone to help them, are increasing as much as the more years they have.

Therefore, it's also a problem for their families and relatives that they can't help them in the precise moment that they need such hand.

To improve these scenarios AmIlab has been considered to design an application to provide such features as falling detection and send alerts to their relatives or even to emergencies, in case of needed. That application will help elders and their families.

This kind of application remains a challenge about fall detection, because it's mandatory to have results very high percentage of success avoiding false negatives/positives, for that it's essential to have a proper dataset to be able to train a system with those data.

That's why this bachelor thesis intends to create a tool for dataset creation in optimal conditions. It will have two applications, one of them will be for smartwatch and the other one will be an android app for *smartphone*.

First one will catch all the events produced when user does a specific type of fall. In the other hand, android application will receive such data and it will be processed and store in an internal data base. This database will contain every kind of fall with all the varieties by person.

## **Palabras clave (castellano)**

*Smartwatch*, *smartphone*, base de datos, sensores, dataset, *wearable*, acelerómetro, giroscopio

## **Keywords (inglés)**

Smartwatch, smartphone, database, sensors, dataset, wearable, accelerometer, gyroscope





## *Agradecimientos*

En primer lugar, quiero dar las gracias a mi tutor Javier, por toda la comprensión y la paciencia infinita que ha tenido conmigo y mis jornadas laborales, a veces, interminables. También por estar ahí siempre que lo he necesitado, por ofrecerme soluciones y ayuda en todo. Por recordarme que no hay que olvidar tampoco la vida personal y que las vacaciones son para disfrutar. Muchas gracias, ha sido un verdadero placer conocerte y trabajar contigo.

Sin olvidarme de todos mis amigos que me han apoyado durante todo el tiempo que no he podido verlos porque el TFG era la prioridad: Lidia, Eva, Àngel, Lara, Irene y Rosa; con una mención especial a José, por haber sido el mejor compañero de prácticas y convertirme en uno de mis mejores amigos estando en los buenos y en los malos momentos.

Por último, pero no por ello menos importante, a mi familia, a mis padres, a mis dos hermanas, en especial a Ana, por todas las charlas juntas y por los dibujos incluidos en este trabajo fruto de su esfuerzo. Y, por supuesto, a Àngel por todo el apoyo y los ánimos durante estos casi 6 años juntos, por haberte tirado más de 200 veces para probar aplicaciones y por animarme cuando no veía el final del túnel.

A todos, muchas gracias

# INDICE DE CONTENIDOS

<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
1.1 MOTIVACIÓN	1
1.2 OBJETIVOS	1
1.3 ORGANIZACIÓN DE LA MEMORIA	2
<b>2 ESTADO DEL ARTE</b>	<b>3</b>
2.1 TIPOS DE CAÍDAS	5
2.2 DISPOSITIVOS COMERCIALES	6
2.3 DETECCIÓN A TRAVÉS DE SMARTPHONE	10
2.4 DETECCIÓN A TRAVÉS DE UN SMARTWATCH	12
<b>3 METODOLOGÍA</b>	<b>15</b>
3.1 DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO	15
3.2 FICHA DE SUJETO	15
3.3 CONSENTIMIENTO EXPRESO PARA EL TRATAMIENTO DE DATOS DE CARÁCTER PERSONAL	15
3.4 EXCLUSIÓN DE RESPONSABILIDAD DEL SUJETO A REALIZAR EL EXPERIMENTO HACIA EL LABORATORIO	16
3.5 ENCUESTA DE LA PRUEBA AL SUJETO	16
3.6 CONFIGURACIÓN DEL ESCENARIO	16
<b>4 HERRAMIENTA PARA LA RECOGIDA DE DATOS</b>	<b>17</b>
4.1 ARQUITECTURA	18
4.2 DIAGRAMA DE SECUENCIA	19
4.3 MAQUETAS	19
4.4 DISEÑO DE LA BASE DE DATOS	25
<b>5 CONCLUSIONES Y TRABAJO FUTURO</b>	<b>26</b>
5.1 CONCLUSIONES	26
5.2 TRABAJO FUTURO	26
<b>6 BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>29</b>
<b>GLOSARIO</b>	<b>31</b>
<b>ANEXOS</b>	<b>- 1 -</b>
A ESTADÍSTICAS DEL INE	- 1 -
B PRUEBAS PARA DETECCIÓN DE CAÍDAS CON SMARTPHONE Y SMARTWATCH. INDIVIDUO 1	- 3 -
C PRUEBAS PARA DETECCIÓN DE CAÍDAS CON SMARTPHONE Y SMARTWATCH. INDIVIDUO 2	- 4 -
D DESCRIPCIÓN DEL EXPERIMENTO	- 5 -
E FICHA DE SUJETO	- 6 -
F FORMULARIO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO	- 7 -
G CONTRATO DE EXCLUSIÓN DE RESPONSABILIDAD	- 8 -
H ENCUESTA DEL EXPERIMENTO	- 9 -

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. FUENTE: (MAJID, 2015).....	4
FIGURA 2. FUENTE: (THE STATISTICS PORTAL, 2017) .....	5

## INDICE DE TABLAS

TABLA 1: TIPOS DE CAÍDAS Y SUS RESPECTIVAS DESCRIPCIONES.....	6
TABLA 2: COMPARATIVA ENTRE LOS DISTINTOS DISPOSITIVOS DEL MERCADO QUE DETECTAN CAÍDAS .....	9
TABLA 3: COMPARATIVA ENTRE LAS DISTINTAS APLICACIONES DE SMARTPHONE QUE DETECTAN CAÍDAS .....	11
TABLA 4: CARACTERÍSTICAS DE APLICACIÓN PARA LA DETECCIÓN DE CAÍDAS EN SMARTWATCH .....	13

# 1 Introducción

---

## 1.1 Motivación

Generalmente en una familia se puede encontrar al menos una persona mayor y, además, es bastante habitual que con la edad empiecen a caerse con mayor frecuencia de la que solía haber. Estas personas, por consiguiente, tienen además una dificultad añadida que es la movilidad cada vez más reducida.

Para mayor gravedad de la situación, cuanto más avanzada edad tienen las personas, aumentan también las posibilidades de que las caídas provoquen graves consecuencias, puesto que los huesos y el organismo se va debilitando con la edad. Lejos de evitar esa caída, se propone actuar a posteriori, es decir, que esa persona pueda tener la atención que necesita lo antes posible para evitar secuelas mayores. Así mismo y de una forma indirecta, ayudará a que los parientes y allegados puedan estar seguros de que, si algo les pasa a sus mayores, serán alertados inmediatamente o en su defecto emergencias.

En un principio se planteó hacer una herramienta que detectase las caídas y mandase las alertas a quien correspondiera en cada caso. A través de investigación del estado del arte en torno a todo ese campo, se valoró que no había referencias suficientes para que la detección de caídas se ajustase a unos datos cercanos a la realidad. Es decir, no se encontró ningún *dataset* completo y funcional que cubriese el asunto que atañe.

Es por ello, que se decide modificar el enfoque de este e implementar una herramienta y protocolo que haga precisamente eso, generar un *dataset* de valor.

Que sea capaz de recoger los datos que detecta los sensores de un smartwatch (gracias al acelerómetro y giroscopio) con un amplio número de sujetos y a partir de ello crear una base de conocimiento sustancial, para más tarde ser capaz de entrenar un sistema con dicho parámetros ya recogidos y normalizados.

## 1.2 Objetivos

Con el fin de conseguir tal herramienta y protocolo se han establecido los siguientes objetivos:

1. Crear una ficha de sujeto
2. Consentimiento expreso para el tratamiento de datos de carácter personal
3. Exclusión de responsabilidad del sujeto a realizar el experimento hacia el laboratorio

4. Modelado de caídas, es decir, tipo de caídas más habituales y cómo suceden
5. Configuración del escenario para las pruebas
6. Encuesta para el sujeto en cuanto a la prueba, para valorar posibles mejoras a realizar en el futuro
7. Implementación de ambas aplicaciones para la recogida de datos

### **1.3 Organización de la memoria**

La memoria consta de las siguientes secciones:

1. Introducción: En este capítulo se da una visión general de las razones por las que se ha llevado a cabo este trabajo de fin de grado
2. Estado del arte: Para continuar, se explica en mayor profundidad la investigación que se ha llevado a cabo de cómo se encuentra actualmente el tema del que tratamos.
3. Metodología: En este apartado repasaremos la metodología implementada para la recogida de datos
4. Herramienta: Este apartado se describirá cómo se ha diseñado el sistema de recolecta de datos
5. Conclusiones y trabajos futuros: Por ultimo, se analizará todo lo que se ha llegado a cabo en este TFG y cuáles serán los próximos pasos por realizar en el proyecto

## 2 Estado del arte

---

La investigación realizada en “*Challenges, issues and trend in fall detection systems*” (Raul, Carlos, & Inmaculada, 2013, págs. 5-9, 11-14) profundiza en los diferentes sistemas y sus contextos para analizar los métodos utilizados, la bases de la detección, el dispositivo utilizado, los resultados obtenidos, el número de sujetos que utilizaron para sus pruebas y si estos eran personas mayores.

El 60% de estos dispositivos usan una cámara para la detección de caídas, y de media tienen un 94,58% de acierto, lo que indica unos resultados muy favorables. Sin embargo, el resto de los sistemas también obtienen unos resultados éxito del 97%, por lo que se concluye que todos estos sistemas implementados entre 2005 a 2012 son efectivos para el objetivo que se quiere lograr. En contraposición son técnicas que requieren de una gran invasión de la privacidad de los individuos ya que exige tener cámaras por toda la residencia habitual para monitorizar y detectar las caídas en el mismo momento que suceden. De todos los que usan cámara, tan sólo la mitad de ellos indican con cuántos sujetos han realizado las pruebas, siendo el promedio de 14 sujetos para las pruebas, lo cual resultan una cantidad escasa para poder decir que esos datos son concluyentes.

En la mayoría de los casos se han especificado los tipos de caídas con los que se han hecho las pruebas. Aunque algunos de ellos tienen gran variedad de caídas, en casi todos los casos coinciden en cuatro tipos de caídas, de las que se detallará en el siguiente apartado.

Por otro lado, se han encontrado numerosas investigaciones que utilizan un teléfono inteligente o *smartphone*. La mayoría de ellos se basan en el *thresholding*. Aunque cabe mencionar que los más innovadores utilizan estrategias de *machine learning*.

Sin embargo, se encuentran muchos problemas ya que el dispositivo es variable y nunca se encuentra en la misma posición con respecto a la persona, ni si quiera tiene por qué encontrarse con el usuario en todo momento.

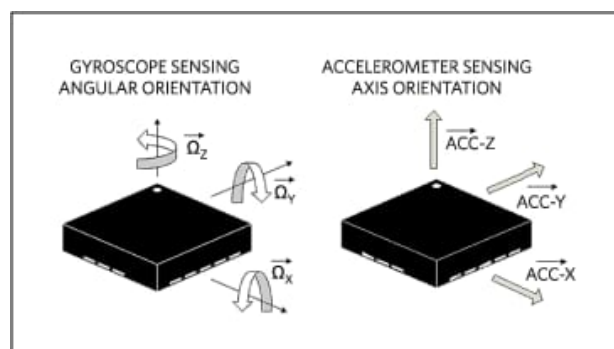
A partir de 2012 se empiezan a tener en cuenta estos dispositivos, aunque hasta que se publica “*The MobiAct Dataset: Recognition of Activities of Daily Living using smartphones*” (George, Charikleia, Thodoris, Matthew, & Manolis, 2016) no se tiene un *dataset* completo con registros de los cuatro principales tipos de caídas. Este pretende dar una nueva solución menos irruptora en la vida del sujeto y con un dispositivo más normalizador como es un *smartphone*. Sin embargo, por el peligro que supone para personas

de avanzada edad, el *dataset* se ha creado con personas mucho más jóvenes de a las que va a estar destinado este tipo de aplicación.

A partir de esto se introducen los conceptos de acelerómetro y giroscopio, siendo el acelerómetro un sistema que mide las aceleraciones, es decir, las variaciones de velocidad por unidad de tiempo. Por otro lado, el giroscopio sirve para cuantificar, mantener o modificar la orientación en el espacio de un cierto aparato. Para mayor detalle observar la comparación entre estos dos conceptos a través de la Figura 1. Fuente: .

Dos casos de uso de estos serían, en el caso del acelerómetro la detección de un ejercicio físico llevado a cabo por la persona a través del Smartwatch. Por otro lado, el giroscopio detecta la posición de un móvil, pudiendo cambiar la orientación de este en función de la posición.

### Movimiento angular vs movimiento lineal

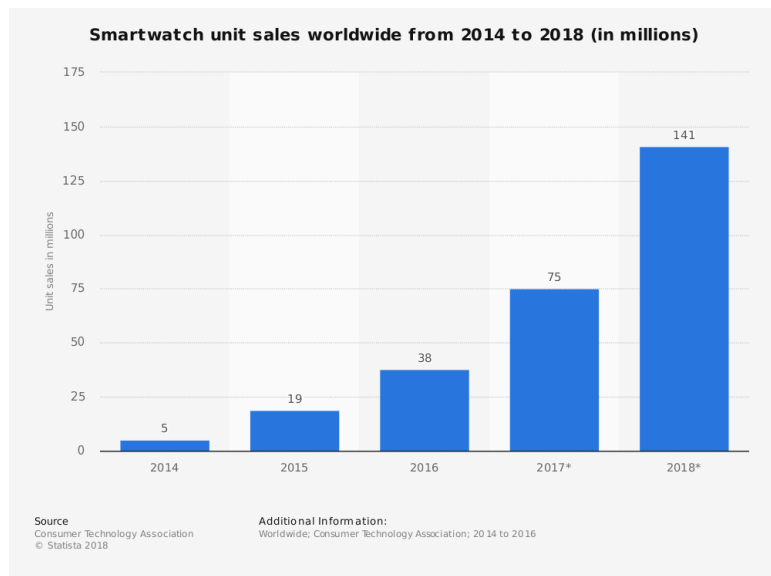


**Figura 1. Fuente: (Majid, 2015)**

El problema que nos encontramos en el *smartphone* es que se requiere que el usuario lleve en todo momento el dispositivo con él y siempre en la misma posición, para que los datos se cojan siempre desde una misma referencia. Por lo que pierde su carácter normalizador ya que el usuario tiene que llevarlo de una manera concreta y no puede darle un uso normal como haría cualquier otra persona.

Es por ello por lo que se plantea si esto se podría llevar a cabo a través de un Smartwatch, siendo las previsiones de ventas muy favorables, como indican la Figura 2. Fuente: . Se vaticinaba que las previsiones ventas desde 2014 a 2018 iban a crecer exponencialmente.





**Figura 2. Fuente: (The Statistics Portal, 2017)**

Además, como ventaja, la gente está acostumbrada a llevar el *smartwatch* en la medida en la que están acostumbrados a un reloj normal y corriente. Asimismo, el usuario siempre lo mantendrá en una misma referencia con respecto del cuerpo sin necesidad de restarle funcionalidades.

A sí mismo, este tipo de dispositivo tienen otras muchas características que pueden resultar atractivas para la persona que los lleva.

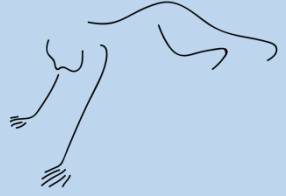



No hay que olvidar que un Smartwatch no tendría limitaciones en cuanto a distancia, siempre y cuando se encuentre relativamente cerca del *smartphone* al que se encuentre asociado, para poder sincronizar los datos con cierta periodicidad.

## **2.1 Tipos de caídas**

Se distinguen cuatro tipos de caídas (George, Charikleia, Thodoris, Matthew, & Manolis, 2016, pág. 146) a analizar en el contexto de personas mayores con una movilidad limitada por la edad que se refleja en la Tabla 1: Tipos de caídas y sus respectivas descripciones.

Son a partir de estos cuatro tipos sobre los que vamos a recoger los datos para construir el *dataset* del que ya hemos hablado previamente.

**Tabla 1: Tipos de caídas y sus respectivas descripciones**

Código	Actividad	Descripción	Representación
<b>FOL</b>	Caída hacia delante ( <i>Forward-lying</i> )	Caerse, estando de pie, hacia delante usando las manos para atenuar la caída	
<b>FKL</b>	Caída hacia delante apoyando las rodillas primero ( <i>Front-knees-lying</i> )	Caerse, estando de pie, hacia delante siendo el primer impacto en las rodillas	
<b>SDL</b>	Caída lateral ( <i>Sideward-lying</i> )	Caerse, estando de pie, lateralmente estando las piernas flexionadas	
<b>BSC</b>	Caída al sentarse ( <i>Back-sitting-chair</i> )	Caerse hacia atrás al intentar sentarse	

## 2.2 Dispositivos comerciales

10TopTenReviews es una página web que se dedica a hacer reseñas a productos de muy diferentes índoles. En el caso que concierne para este TFG, se proponen analizar los diferentes paquetes de un servicio de detección de caídas (Preece, 2016). Para ello, prueban cada uno de los dispositivos en su paquete más básico con características similares. Los principales puntos analizados son:

- Servicio de monitorización: Tasa de acierto, idiomas soportados, auto verificación del funcionamiento del sistema y de la base y contestación remota del teléfono

- Vida de la batería y limitaciones en distancia de los dispositivos tanto en interior como en exterior
- Contratos y tarificación: Si tienen tarifas de activación/cancelación del servicio, pagos mensuales o si el equipamiento es gratuito con el servicio
- Ayuda y soporte técnico: Dando puntuación al soporte técnico en función de experiencias de contacto con los proveedores de alertas médicas por teléfono, correo electrónico y, si está disponible, a través del chat en vivo. Si el soporte fue receptivo y escucharon las preguntas y las respondieron o sí al preguntar por un servicio intentaban vender otro. Es decir, analizar, en la medida de lo posible, la calidad del soporte técnico
- Funcionalidades Premium: Si ofertan funcionalidades que complementen a la configuración básica

Se ha resumido todos los datos interesantes en la Tabla 2: Comparativa entre los distintos dispositivos del mercado que detectan caídas. En ella se podrá observar cada uno de los sistemas analizados por 10TopTenReviews, junto con:

- La página web donde se pueden encontrar los productos
- Porcentaje de acierto en detección de caídas
- Si la base externa del dispositivo tiene adicionalmente la función de teléfono
- La distancia máxima en interior y exterior (en campo abierto) en los que se ha conseguido detectar caídas
- Si éstos tienen pago mensual o por el contrario un pago único
- Batería del dispositivo analizado
- Batería de la base si hay un corte en la corriente
- Puntuación del soporte técnico
- Verificación automática de si el sistema y la base están funcionando correctamente

La batería del dispositivo analizado no se encontró en la propia reseña, sino que hubo que buscar en las correspondientes páginas web de cada producto.

En la tabla se puede observar como todos los dispositivos analizados son de tipo colgante, esto quiere decir que el aspecto normalizador que se está buscando no se ofrece actualmente en el mercado. Ya que puede hacer sentir diferente a la persona que lo lleva del resto, además

de la incomodidad y la probabilidad tan elevada de que las personas no lo utilicen en tareas tan cotidianas como ir a por un vaso de agua a media noche.

Aunque indagando en las páginas webs se encontró que algunos de los dispositivos tienen la opción de ponerlo en un clip sujeto a la ropa de la persona, sigue sin ser suficiente para el objetivo normalizador que se quiere conseguir.

A primera vista, los resultados obtenidos en el porcentaje de acierto de caídas son mucho menor del que se obtenía con sistemas más antiguos que usaban cámara para la detección, según informa 10TopTenReviews ninguno garantiza el 100% e incluso a la hora de probarlos algunos de ellos lo detectaban instantáneamente mientras que otros podían llegar a alcanzar los 53 segundos para la misma caída.

En este tipo de dispositivos parece razonable asumir que es difícil superar un porcentaje de acierto de más del 75%, aunque uno de los dispositivos lo consiguió.

Por otro lado, tampoco sabemos el número de individuos que realizaron las pruebas para concluir estos resultados.

**Tabla 2: Comparativa entre los distintos dispositivos del mercado que detectan caídas**

	Web	Tipo de dispositivo	Acierto en detección de caídas	Base con función de teléfono	Distancia máxima en interior/exterior	Pago mensual	Batería del dispositivo	Batería de la base	Puntuación Soporte técnico	Verificación automática funcionamiento o sistema/base
Medical Guardian	<a href="https://www.medicalguardian.com/">https://www.medicalguardian.com/</a>	Colgante	75%	Sí	69 / 114 m	Sí	24h	32h	75%	Sí / Sí
LifeCall	<a href="https://www.lifecall.com/">https://www.lifecall.com/</a>	Colgante	75%	No	82 / 183 m	Sí	36h	24h	80%	No / Sí
Medical Care Alert	<a href="https://www.medicalcarealert.com/">https://www.medicalcarealert.com/</a>	Colgante	80%	No	57 / 107 m	No	4 días	26h	70%	No / Sí
Safe Guardian	<a href="https://safeguardian.com/">https://safeguardian.com/</a>	Colgante	50%	Sí	49 / 168 m	Sí	72h	30h	95%	Sí / Sí
Lifewatch USA	<a href="http://www.lifewatch-usa.com/">http://www.lifewatch-usa.com/</a>	Colgante	70%	No	49 / 93 m	Sí	----	18h	65%	No / Sí
Rapid Response	<a href="https://www.medi-alert.com/">https://www.medi-alert.com/</a>	Colgante	70%	Sí	59 / 76 m	Sí	4-10 días	24h	90%	No / Sí
ATS	<a href="http://www.assistivetechologieservices.com/">http://www.assistivetechologieservices.com/</a>	Colgante	65%	Sí	76 / 213 m	Sólo un pago	4 pilas AAA	18h	80%	No / No
Response Now	<a href="https://responsenow.com/">https://responsenow.com/</a>	Colgante	65%	Sí	96 / 137 m	Sí	30 días	20h	95%	No / Sí
Alert1	<a href="https://www.alert-1.com/">https://www.alert-1.com/</a>	Colgante	75%	Sí	69 / 195 m	Sí	2+ años	28h	70%	No / Sí
Philips Lifeline	<a href="https://www.lifeline.philips.com/">https://www.lifeline.philips.com/</a>	Colgante	50%	Sí	49 / 190 m	Sí	7 días	28h	80%	No / Sí

## 2.3 Detección a través de *smartphone*

Actualmente se pueden encontrar una decena de aplicaciones para la detección de caídas. Se han hecho pruebas con dos individuos anónimos (- 3 -) para averiguar, a pequeña escala, si estas aplicaciones móviles obtienen unos buenos resultados comparándolos con los dispositivos del apartado anterior. Se pueden observar los resultados obtenidos en la Tabla 3: Comparativa entre las distintas aplicaciones de *smartphone* que detectan caídas.

A pesar de que se encontraron unas doce aplicaciones se han tenido que descartar cuatro de ellas debido a diferentes problemáticas como que no arrancasen o se fuese imposible la configuración de estas.

Aunque en esta ocasión no se ha analizado la calidad del soporte técnico se ha conocido de primera mano las dificultades del funcionamiento de la mayoría de las aplicaciones analizadas.

En el caso de *smartphone* sólo una de ellas *Fall Detection Medical Device*, ha obtenido un comportamiento deseable y aceptable para la detección de caídas, teniendo una tasa de acierto del 60%.

En cuanto a *FallSafety Pro* fue probada ligeramente en noviembre de 2016 donde se obtuvo el reconocimiento de muchas de las caídas. En las pruebas realizadas en junio de 2018, junto con las otras aplicaciones ya mencionadas, no se ha conseguido detectar ninguna. Cabe mencionar que las pruebas realizadas en 2016 en ningún caso fueron tan rigurosas como en esta ocasión.

Por otro lado, el que no haya detectado ninguna caída con las pruebas realizadas se puede deber a que es una aplicación destinada a un entorno profesional de la construcción con otro tipo de caídas.

En noviembre de 2016 se contactó con el CEO de la empresa, *Philip Carmichael*, para obtener información de cómo se habían realizados las pruebas.

*Philip Carmichael* comentó que no crearon ningún *dataset*, pero que realizaban pruebas con muñecos de complexión humana de mediana edad arrojándolo desde diferentes alturas, puesto que están orientados al entorno de la construcción donde se producen numerosas caídas.

Aún siendo el sector profesional su mercado querían ampliar el mercado hacia las personas mayores y mostraron un gran interés en el proyecto del *AmIlab* para una posible colaboración, ya que les sería de gran ayuda, aunque finalmente no se llegó a ningún acuerdo.

**Tabla 3: Comparativa entre las distintas aplicaciones de *smartphone* que detectan caídas**

	Web	Tipo de dispositivo	Acierto en detección de caídas	Distancia máxima en interior/exterior	Pago mensual	Batería del dispositivo	Verificación automática funcionamiento sistema
Helping Hands	<a href="http://www.helpinghand.mobi/">http://www.helpinghand.mobi/</a> <a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=mobi.helpinghand&amp;hl=en_US">https://play.google.com/store/apps/details?id=mobi.helpinghand&amp;hl=en_US</a>	smartphone	*0%	Ilimitada	No	Depende del smartphone	No
Emergency Fall Detector	<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=soca.helpinghandswear">https://play.google.com/store/apps/details?id=soca.helpinghandswear</a>	smartphone	*100%	Ilimitada	No	Depende del smartphone	No
FallSafety Pro	<a href="https://www.fallsafetyapp.com/">https://www.fallsafetyapp.com/</a>	smartphone	*0%	Ilimitada	Particulares no Empresas sí	Depende del smartphone	Sí
Fall Detection Medical device	<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=com.falldetection.android.falldetectio">https://play.google.com/store/apps/details?id=com.falldetection.android.falldetectio</a> <a href="#">n</a>	smartphone	60%	Ilimitada	No	Depende del smartphone	No
Fall-Detect	<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=uk.ac.gla.alexmtmorgan.falldetect">https://play.google.com/store/apps/details?id=uk.ac.gla.alexmtmorgan.falldetect</a>	smartphone	* 0%	Ilimitada	No	Depende del smartphone	No
Fall Detector	<a href="https://play.google.com/store/apps/details?id=www.sagital.fdd">https://play.google.com/store/apps/details?id=www.sagital.fdd</a>	smartphone	*12,5%	Ilimitada	No	Depende del smartphone	No
RightMinder	<a href="http://www.rightminder.com/">http://www.rightminder.com/</a>	Android wear	60%	Ilimitada	No	Depende del Smartwatch (~24h)	No

## **2.4 Detección a través de un *smartwatch***

En cuanto a la detección de caídas a través de un *smartwatch* es muy favorable con respecto al carácter normalizador de este, como ya hemos comentado en apartados previos.

Sin embargo, la posición del dispositivo respecto al individuo sigue siendo la mayor problemática para la detección de caídas, como se vio en el apartado anterior con el *smartwatch*. Aunque sí es cierto que los *wearables* de este calibre tienen la ventaja de que se llevan en una parte fija del cuerpo, aunque la muñeca es la extremidad del cuerpo humano que más se mueve.

El *smartwatch* con el que vamos a trabajar contiene un acelerómetro y un giroscopio de 6 ejes, lo cual lo hace más potente a la hora de poder determinar la posición y, lo más importante, si la persona que lo lleva a sufrido una caída o no.

En cuanto a este tipo de dispositivos empleados para la detección de caídas sólo se ha encontrado una aplicación en el mercado, que obtuvo unos resultados interesantes (Tabla 4: Características de aplicación para la detección de caídas en Smartwatch) para ser la primera aplicación publicada a 18 de junio de 2018.

Si la comparamos con la aplicación que obtuvo mejores resultados en las pruebas realizadas con *smartphone*, se observa que se han obtenido resultados muy similares.

Cabe destacar que la aplicación *RightMinder* generalmente detectaba la caída en menos de un segundo y en el peor de los casos tres segundos. Aunque, en alguna ocasión, se detecta la caída una vez que el individuo se está levantando, dichos datos no se contabilizaron como válidos, pero pudiese ser que para esos casos excepcionales se demorase entre ocho y diez segundos, tiempo máximo de duración de la prueba.

En esta aplicación, una vez la caída ha sido detectada el *smartphone* asociado realiza una llamada automática a un contacto (elegido previamente en la configuración) activando el altavoz del *smartphone* para que así la persona que ha sufrido la caída pueda hablar con el contacto en la mayor brevedad, en el caso de que se mantuviese consciente.

En esta ocasión no se sabe cómo se han realizado las pruebas o qué tipo de algoritmo utiliza esta aplicación para la detección de caídas, no sé ha encontrado ninguna de esta información publicada y puesto que es una empresa que comercializa esta aplicación es difícil obtenerla.



**Tabla 4: Características de aplicación para la detección de caídas en Smartwatch**

RightMinder	
Web	<a href="http://www.rightminder.com/">http://www.rightminder.com/</a>
Tipo de dispositivo	Android wear
Acierto en detección de caídas	60%
Distancia máxima en interior/exterior	Ilimitada
Pago mensual	No
Batería del dispositivo	Dependiendo del smartwatch (~24h)
Verificación automática funcionamiento	No



## 3 Metodología

---

Esta sección está dedicada al protocolo para la recogida de datos de una forma legal y debidamente estructurada siguiendo la normativa nacional y europea vigente.

Estas pruebas no serán remuneradas y, por tanto, tendrán un carácter voluntario para todo el que quiera participar.

A continuación, se detallará toda la documentación que se le entregará al voluntario que quiera colaborar

### ***3.1 Descripción del experimento***

Se le mostrará un papel, Anexo D, que contiene los siguientes puntos:

- Breve explicación de la finalidad de la prueba
- Tipos de caídas que va a tener que simular y una breves explicación
- El número de veces que tendrá que realizar cada una de las caídas
- El escenario sobre el que se realizará la recogida de datos
- La duración máxima de cada una de las caídas
- La duración máxima de la prueba global con cada uno de los apartados

### ***3.2 Ficha de sujeto***

Cada voluntario rellenará un pequeño formulario (Anexo E) donde registrará su edad, género, altura y peso. Estos datos en el futuro podrían ayudar a tener una visión más general de por qué pueden variar los datos recogidos de los sensores de una persona a otra.

Todo ello se asociará a un id para poder relacionar los datos obtenidos de los sensores y por si más tarde, el voluntario, solicita la eliminación de sus datos

### ***3.3 Consentimiento expreso para el tratamiento de datos de carácter personal***

Del mismo modo éste será obligatorio (Anexo F), como así expresa la Ley Orgánica de Protección de Datos de Carácter Personal, en él se expondrán los datos que se recopilan, cómo se van a tratar, dónde se van a guardar los consentimientos y el proceso de eliminación, en caso de que se solicitase

### ***3.4 Exclusión de responsabilidad del sujeto a realizar el experimento hacia el laboratorio***

El voluntario tendrá que firmar un documento (Anexo G) donde exime de responsabilidad al laboratorio si durante la prueba sufre alguna lesión incluyendo aquellas en las que no se sigan los protocolos marcados por el laboratorio.

### ***3.5 Encuesta de la prueba al sujeto***

Por último, al finalizar el experimento se realizará una pequeña encuesta anónima (Anexo H) al voluntario para poder realizar mejoras y adaptar las pruebas a las sugerencias e inquietudes que puedan surgir.

### ***3.6 Configuración del escenario***

El experimento se realizará sobre dos colchones de goma espuma contiguos de 11,5 cm de grosor, Ilustración 1: Colchón gomaespuma, unidos mediante una funda reforzada con guata de fibra de 2 cm de espesor, Ilustración 2: Guata. Todo ello amortiguará la caída de los voluntarios para así evitar daños durante el experimento.

Se dispondrán las colchonetas en un espacio lo suficientemente grande para que se puedan mover tanto los voluntarios que van a realizar las caídas como las personas que coordinan el experimento.



**Ilustración 1: Colchón gomaespuma**



**Ilustración 2: Guata**

## 4 Herramienta para la recogida de datos

---

Para la recogida de datos se ha elegido un Smartwatch debido a, como se ha ido mencionando a lo largo de todo el trabajo a dos motivos principales:

1. Los sensores
2. Gran carácter normalizador, para que no interfiera en la vida diaria de quien lo lleva y, por tanto, no se produzca un rechazo a la hora de usarlo normalmente como un complemento más en su día a día.

El modelo de smartwatch exacto que se va a utilizar es:



**Ilustración 3: HUAWEI Watch 2**

Disponiendo de los siguientes sensores:

- **Sensor Acelerómetro y Giroscopio de 6 ejes:** Como ya se ha apuntado en apartados anteriores, para detectar si hay movimiento del sujeto o en el dispositivo
- **Brújula de 3 ejes:** Sirve para mostrar el sentido que lleva un sujeto, aunque esté parado en un determinado instante
- **Sensor de frecuencia cardíaca:** Mide las pulsaciones del usuario que lo lleva puesto
- **Barómetro:** Mide la presión atmosférica
- **Sensor capacitivo:** Usado en dispositivos con pantalla táctil para poder detectar cuando el usuario está tocando la pantalla
- **Sensor de luz de ambiente:** Permite que los dispositivos puedan regular el brillo en función del entorno

Para esta herramienta sólo se van a tener en cuenta los datos obtenidos a través de los sensores del **acelerómetro y giroscopio**.

## **4.1 Arquitectura**

La herramienta se basa en dos aplicaciones conectadas entre sí a través *Google Play Services*, paquete de *Google*.

El paquete mencionado permite utilizar las propiedades de *Android Wear*, siendo éste la versión oficial del sistema operativo Android de Google diseñada para *wearables*, entre los que se incluyen el dispositivo utilizado para este trabajo de fin de grado, el Smartwatch *HUAWEI Watch 2*.

Ambas aplicaciones están diseñadas para usarse de manera conjunta, siendo la aplicación móvil desde donde se introducirá el id del usuario a realizar las pruebas y eligiendo en cada caso el tipo de caída que va a realizar.

Por otro lado, la aplicación del Smartwatch recibirá una señal para activar los sensores y empezar a escuchar.

Para el desarrollo de la herramienta se intentó partir de un sistema ya existente, resultado de otro trabajo de fin de grado anterior, “Usos de smartwatches en entorno educativos: arquitecturas alternativas y protocolos” (Díaz, 2017). Que desarrolló una aplicación llamada *Taimun-Watch*, destinada a personas con TEA para mejorar la detección y la asistencia de situaciones de crisis emocional.

Puesto que comparten una estructura similar, ambas tienen una aplicación para *smartphone* y otra para Smartwatch, que se comunican y se envían información, era interesante reutilizar los protocolos de conexión a través de *Google Play Service* para simplificar el trabajo y poder avanzar más en la herramienta final. Pero finalmente este intento se vio frustrado por varios motivos:

- El protocolo de comunicación no se encuentra aislado. Es decir, no se implementó un servicio genérico que se pudiese aplicar a cualquier contexto, sino que es completamente adaptado al contexto de *Taimun-Watch*.
- Por tanto, y dado que la documentación al respecto era escasa, hubo que recurrir a ingeniería inversa para tratar de averiguar cómo estaba realmente funcionando la conexión entre ambas aplicaciones. A partir de este punto, se encontraron que una buena cantidad de paquetes estaban obsoletos. Se fueron migrando a las versiones correctas, no obstante, se descubrió que había una deuda técnica importante. Como consecuencia, se había consumido demasiado tiempo

intentando reutilizar algo existente y, en este caso concreto, hubiese sido más eficiente haber empezado la comunicación desde cero, eso sí, esta vez de una manera independiente al contexto.

## 4.2 Diagrama de secuencia

La secuencia en la aplicación es muy sencilla dado que sólo hay tres actores (el wearable, el *smartphone* y el futuro servidor que reciba el dataset).

La funcionalidad principal consiste en solicitar la recogida de datos, recopilar la información de los sensores y, por último, devolverlos al primer actor para su procesamiento.

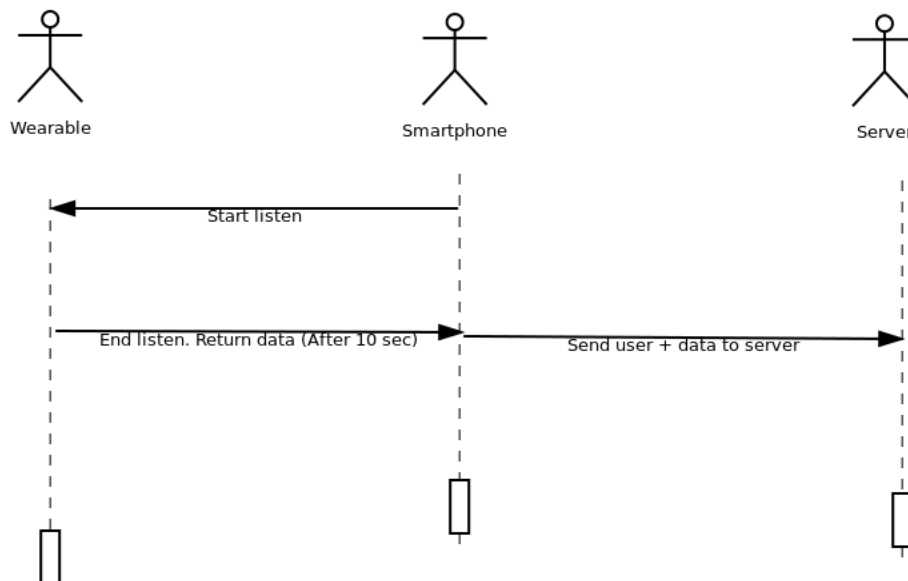


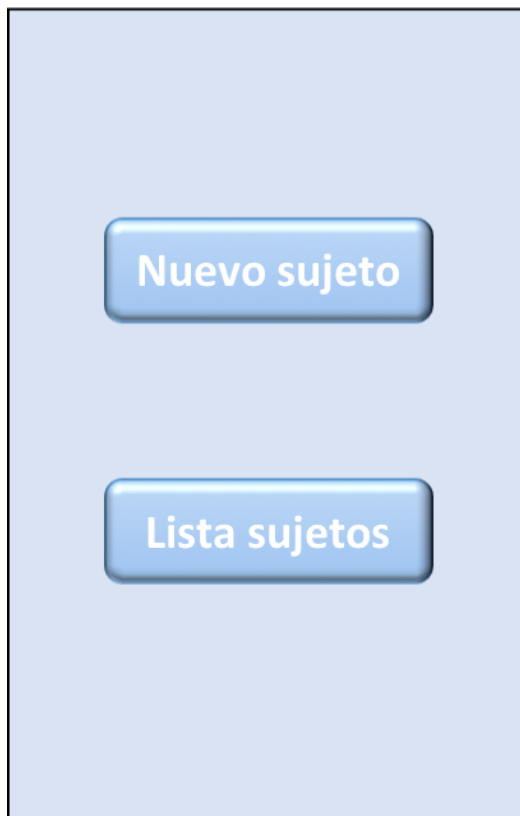
Figura 3. Diagrama secuencia para la herramienta

## 4.3 Maquetas

### 4.3.1 Smartphone

Serán pantallas muy sencillas ya que estas aplicaciones no tendrán ningún uso exterior fuera del laboratorio, por tanto, se busca la simplicidad y que sea intuitiva para cualquier persona que vaya a colaborar en la recogida de datos.

### Menú principal

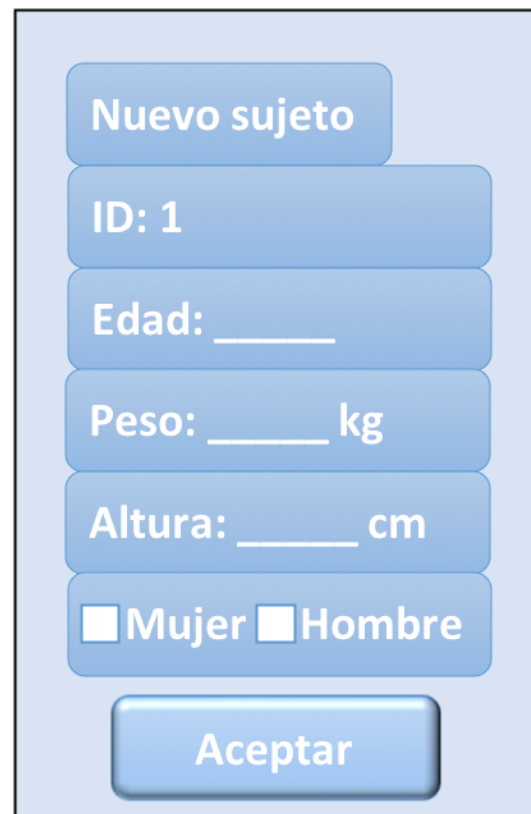


The main menu is a light blue rectangular box containing two blue buttons with white text. The top button is labeled 'Nuevo sujeto' and the bottom button is labeled 'Lista sujetos'.

En el menú principal sólo tendremos dos opciones, o bien crear un nuevo sujeto para simular caídas. O bien listar los sujetos ya existentes

Aquí se introducirán los datos básicos que necesitamos de cada uno de los voluntarios a realizar el experimento

### Creación de individuo



The 'Creación de individuo' form is a light blue rectangular box containing several blue buttons and input fields. At the top is a button labeled 'Nuevo sujeto'. Below it are input fields for 'ID: 1', 'Edad: \_\_\_\_', 'Peso: \_\_\_\_ kg', and 'Altura: \_\_\_\_ cm'. Below these is a row with two checkboxes: ☐ Mujer and ☐ Hombre. At the bottom is a button labeled 'Aceptar'.





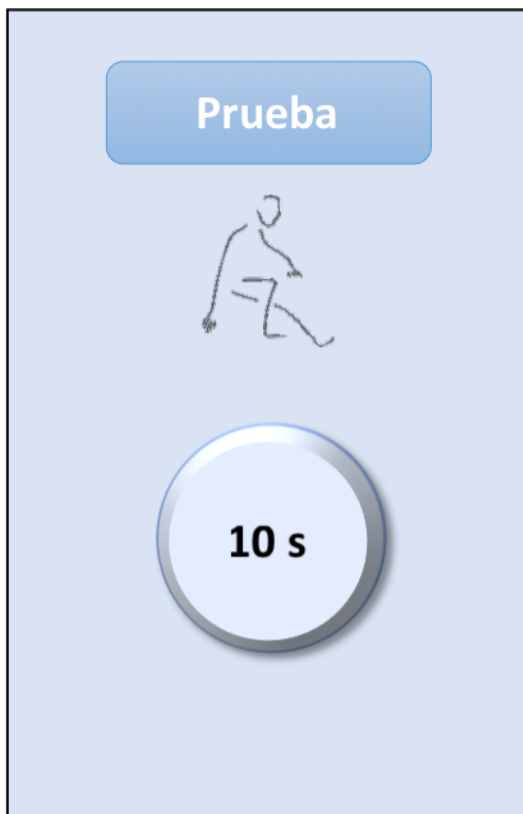
Una vez el individuo ya está creado, se accede a su menú y sólo queda indicar por cuál tipo de caída se quiere empezar a hacer las simulaciones.

En caso de que queramos terminar con el proceso, incluso aunque no se haya hecho ninguna caída, se podrá pulsar en Finalizar, volviendo al menú principal

Una vez se llega a este punto, ya se ha elegido la caída que se va a simular y se pulsa en Empezar o Cancelar en caso de que finalmente no se quiera hacer esta prueba

Pantalla para iniciar la prueba





Durante la prueba se inicia una cuenta atrás, indicando el tiempo restante de la prueba

Una vez finalizada la prueba, se podrá elegir si se valida la simulación o si es necesario repetirla




Nuevo sujeto

ID 2

Selecciona tipo caída

1



Menú individuo con una prueba registrada.  
Por cada caída registrada aumentará en 1 el contador de cada caída

Lista de sujetos de todos los sujetos ya creados en base de datos. A partir de aquí se podrá borrar un usuario, en caso de que lo solicite o acceder al menú de individuo

Lista sujetos

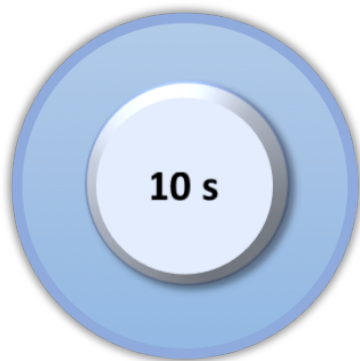
ID: 1	×
ID: 2	×
ID: 3	×
ID: 4	×

### 4.3.2 Smartwatch



Pantalla principal, a la espera que el usuario pulse para que la aplicación pueda funcionar con independencia del smartwatch

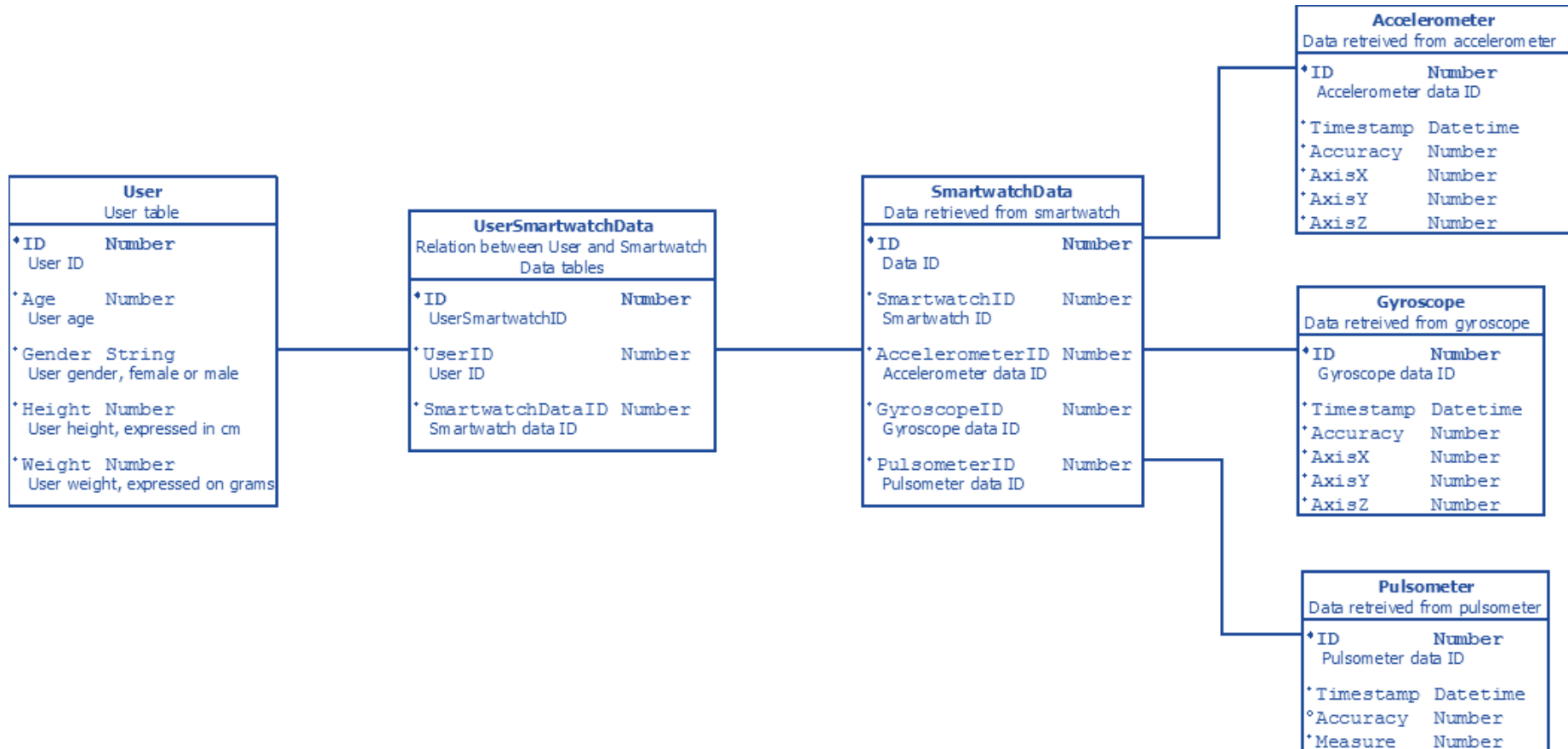
La aplicación se mantendrá escuchando hasta que pulsemos en botón de Parar, lo cuál hará que no se pueda recibir ninguna notificación por parte de la aplicación



Durante la simulación de la caída, habrá una cuenta atrás de 10 segundos, que es el tiempo que durará la prueba

## 4.4 Diseño de la base de datos

Se ha diseñado una base de datos sencilla para poder almacenar todos los datos que se obtengan de los sensores



## 5 Conclusiones y trabajo futuro

---

### 5.1 Conclusiones

Este Trabajo de Fin de Grado ha sido cambiante según se ha ido desarrollando. La propuesta inicial era mucho más ambiciosa de lo que nos pudimos imaginar al principio. Y con el transcurso del tiempo hubo que ir acotándolo y adaptándolo a un contenido más adecuado para un TFG. Se encontraron numerosos campos donde habría habido que profundizar de seguir siendo el objetivo el propuesto inicialmente.

Finalmente, se concluyó, que en lo que prácticamente nadie había reparado era en que no teníamos suficientes datos para poder entrenar un sistema. Por lo que éste es el principio de un gran proyecto.

Se decide que tiene que ir compuesto de una metodología y de una herramienta, puesto que se quiere crear un protocolo válido y robusto. De este modo se crea un sistema de recogida de datos.

Por tanto, este trabajo ha tenido una parte de investigación y diseño mucho mayor que de implementación, aunque es necesario remarcar que sin toda esa investigación sería incompleto y habría mayores dificultades para el posterior trabajo a realizar.

Dado todo el tiempo que se invirtió en aprovechar la comunicación de una aplicación ya existente fracasando en el intento remarca la importancia en documentar correctamente un código, si existe deuda técnica (que por otro lado es difícil de evitar) crear un apartado de modo que la siguiente persona que vaya a tocar el código sea capaz de, dedicando un tiempo razonable, retomarlo donde se dejó.

Además de documentar, siempre es una buena práctica crear módulos genéricos, en la medida de lo posible, para abstraer cierta funcionalidad no sólo para el siguiente programador sino para tener un código claro y fácil de trazar el flujo de trabajo.

### 5.2 Trabajo futuro

Este trabajo nos ha servido para sentar unas bases para poder realizar el proyecto ambicioso que se planteo desde un inicio.

Los pasos por seguir serían los siguientes:

1. Implementar un protocolo de comunicación genérico entre una aplicación de *smartphone* y otra de *smartwatch* usando *Android Wear* para poder ser reutilizado

en el futuro por el *Amlab* o incluso publicarse en *GitHub* o alguna otra plataforma de código abierto.

2. Implementar las aplicaciones de *smartphone* y *smartwatch* basándose en el punto anterior, 17.
3. Programar sesiones de captación de voluntarios, en la universidad, y citarlos por turnos en un lugar concreto que cumpla con los requisitos mínimos de la configuración escenario 16 y organizar sesiones en diferentes días hasta alcanzar un mínimo de 100 individuos para tener una base de conocimiento para poder empezar con la siguiente fase.
4. Una vez en este punto habrá que empezar una investigación del estado del arte, pero esta vez centrándose en la detección de caídas a partir del entrenamiento de un sistema y reutilizando el dataset creado en el paso anterior. Habría que crear una nueva aplicación que se alimentase de los datos que se obtienen de las pruebas, en tiempo real, para que se pueda ir mejorando la detección cuantos más valores de obtienen.
5. Para realizar unas mejoras significativas en el proyecto, una vez que ya tenemos la aplicación de detección de caídas funcionando, en esta etapa convendría incluir análisis de actividades diarias de una persona, esto ayudaría a afinar y no cometer errores detectando caídas cuando no las ha habido.
6. Adicionalmente, para que pueda ser una aplicación usable por todo el mundo debe contener unos mecanismos de aviso a familiares en caso de caída, o aviso a emergencias en caso de que ni el familiar o persona cercana conteste y/o si el usuario no realiza ningún movimiento después de la caída.





## 6 Bibliografía

---

- Díaz, A. (Julio de 2017). Uso de smartwatches en entornos educativos: arquitecturas alternativas y protocolos (Trabajo de Fin de Grado).
- G. V., C. C., T. M., M. P., & M. T. (Abril de 2016). The MobiAct Dataset: Recognition of Activities of Daily Living using Smartphones. *ICT4AgeingWell*, 143-151.
- M. D. (17 de Marzo de 2015). *Maxim integrated systems*. Recuperado el 06 de 2018, de Accelerometer and gyroscopes sensors: operation, sensing and applications. Application note 5830: <https://www.maximintegrated.com/en/app-notes/index.mvp/id/5830>
- Medical Guardian*. (s.f.). Recuperado el 1 de 10 de 2017, de [https://www.medicalguardian.com/help-me-choose/?aid=243&utm\\_source=TopTenReviews&utm\\_medium=referral](https://www.medicalguardian.com/help-me-choose/?aid=243&utm_source=TopTenReviews&utm_medium=referral)
- Preece, J. (2016, Noviembre 1). *10TopTenReviews*. Retrieved from 10TopTenReviews: <http://www.toptenreviews.com/health/senior-care/best-fall-detection-sensors/>
- R. I., C. M., & I. P. (2013). Challenges, issues and trends in fall detection systems. *Biomedical Engineering OnLine*, 24. Recuperado el 10 de Octubre de 2016, de <https://biomedical-engineering-online.biomedcentral.com/articles/10.1186/1475-925X-12-66>
- The Statistics Portal*. (Enero de 2017). Obtenido de Smartwatch unit sales worldwide 2014-2018: <https://www.statista.com/statistics/538237/global-smartwatch-unit-sales/>



## Glosario

---

AmIlab	Ambient Intelligence Laboratory
Dataset	Conjunto de datos
GitHub	Plataforma que permite alojar proyectos de programación utilizando Git como control de versiones
Smartphone	Teléfono inteligente
Smartwatch	Reloj inteligente
Taimun-Watch	Aplicación de asistencia para smartwatch que ayuda a la autorregulación emocional en un momento de crisis
TEA	Trastorno del Espectro Autista

## Anexos

### A Estadísticas del INE

#### Encuesta Continua de Hogares (ECH). Datos referidos al valor medio del periodo

##### Hogares: Resultados nacionales

Número de hogares según el tamaño del hogar y el tipo de edificio donde se encuentra la vivienda

Unidades:

	Total	1 persona	2 personas o más
<b>2017</b>			
<b>Total</b>	18.472,8	4.687,4	13.785,4
<b>Porcentaje del total</b>		25,37%	74,63%

#### Encuesta Continua de Hogares (ECH). Datos referidos al valor medio del periodo

##### Hogares: Resultados nacionales

Número de hogares unipersonales según sexo, edad y estado civil

Unidades:

	Total	% relativo a hogares con 1 persona	% absoluto de hogares en España
<b>2017</b>			
<b>Ambos sexos</b>			
<b>Menos de 65 años</b>	2.726,5	58,17%	14,76%
<b>65 años o más</b>	1.960,9	41,83%	10,62%





**Fuente:**

Instituto Nacional de Estadística



## B Pruebas para detección de caídas con smartphone y Smartwatch. Individuo 1

### SUJETO 1





	   																					
	Intentos de detección por cada tipo de caída																					
Aplicaciones	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	% Acierto	Observaciones
Helping Hands	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	0%	
Emergency Fall Detector	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	100%	Detecta caída incluso al andar
FallSafety Pro	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	0%	
Fall Detection Medical device	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✓	80%	
Fall-Detect	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	0%	
Fall Detector	✗	✗	✗	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	✗	5%	
RightMinder	✓	✓	✗	✗	✓	✓	✓	✓	✗	✗	✓	✗	✗	✗	✓	✗	✓	✗	✓	✗	50%	Muy rápido en detectar. Complicaciones para cortar alertas

✓ Se detecta la caída

✗ No se detecta la caída

## C Pruebas para detección de caídas con smartphone y Smartwatch. Individuo 2

### SUJETO 2

	<div></div>																					
	Intentos de detección por cada tipo de caída																					
<u>Aplicaciones</u>	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	% Acierto	Observaciones
Helping Hands	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	0%	
Emergency Fall Detector	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	✔	100%	Detecta caída incluso al andar
<u>FallSafety Pro</u>	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	0%	
Fall Detection Medical device	✖	✖	✔	✔	✖	✔	✖	✖	✔	✔	✔	✖	✔	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✔	40%	
Fall-Detect	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	0%	
Fall Detector	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✖	✔	✖	✖	✖	✖	✔	✖	✖	✖	✖	10%	
<u>RightMinder</u>	✔	✔	✔	✔	✖	✔	✖	✖	✖	✔	✖	✔	✔	✔	✖	✔	✔	✔	✔	✔	70%	Muy rápido en detectar. Complicaciones para cortar alertas

✓ Se detecta la caída  
✗ No se detecta la caída





## D Descripción del experimento

### Descripción del experimento

#### Finalidad

La finalidad de esta recogida de pruebas es ser capaz de hacer una base de datos de caídas, de modo que se puedan utilizar en el futuro para mejorar sistemas. La aplicación principal será la de detectar caídas de personas mayores para ayudar, en la medida de lo posible, a que sean atendidas en la mayor brevedad posible

#### Tipos de caídas

Nombre	Descripción	Representación
Caída hacia delante	Caerse, estando de pie, hacia delante usando las manos para atenuar la caída	
Caída hacia delante apoyando las rodillas primero	Caerse, estando de pie, hacia delante siendo el primer impacto en las rodillas	
Caída lateral	Caerse, estando de pie, lateralmente estando las piernas flexionadas	
Caída al sentarse	Caerse hacia atrás al intentar sentarse	

#### Escenario de la prueba

Habrán dos colchonetas contiguas de goma espuma de un grosor 11,5 cm cada una de ellas, estarán protegidas con una funda a su vez reforzada con guata de fibra de 2 cm de espesor, todo ello para amortiguar la caída y evitar lesiones de cualquier índole.

#### Repeticiones y duración máxima

Habrán que realizar dos series de todas las caídas, de este modo se recogerá más variedad de datos.

Cada caída durará 10 segundos, teniendo aproximadamente otros 10 segundos entre caídas, para colocar el escenario en el caso de que se haya desplazado. Siendo de este modo, se estima que el experimento tendrá una duración máxima de 2 minutos



## **E Ficha de Sujeto**

### Ficha del sujeto

---

**Id:** \_\_\_\_

**Edad:** \_\_\_\_ años

**Sexo:**

☐ Hombre

☐ Mujer

**Altura:** \_\_\_\_ cm

**Peso:** \_\_\_\_ kg

## **F Formulario de Consentimiento Informado**

### **Formulario de Consentimiento Informado**

Por favor, lea este acuerdo de consentimiento cuidadosamente antes de aceptar participar en este experimento.

**Finalidad de la prueba:** recopilar datos de caídas a través de los sensores de un Smartwatch para poder usarlos en la detección de caídas en personas mayores.

**Qué harás en este experimento:** Se te pedirá que leas un papel informativo para conocer el proyecto que se está realizando. Además, también se te pedirá que realices una serie de caídas con un Smartwatch y de una manera determinada sobre una colchoneta que amortiguará la caída. Durante las caídas se grabarán los datos generados por el Smartwatch.

Al terminar rellenar un cuestionario acerca de la prueba.

**Tiempo requerido:** Leer los documentos mencionados, firmarlos y realizar el experimento llevará un máximo de 10 minutos en total.

**Riesgos:** De no usar el material habilitado para las caídas el sujeto podría sufrir, desde un leve hematoma hasta algo de mayor gravedad.

**Confidencialidad:** Tu participación en este experimento permanecerá confidencial. Los valores recogidos, los formularios y las respuestas del cuestionario final se mantendrá bajo llave en el despacho B-426 de la Universidad Autónoma de Madrid.

**Participación y rescisión:** Tu participación en este experimento es completamente voluntario, y puedes desistir de la participación en cualquier momento y sin ninguna sanción informando a la persona que te realizó las pruebas.

**Contacto:** Si tienes alguna pregunta acerca del proyecto, por favor, contacta a Javier Gómez Escribano o Marta Valls Rodríguez. Emails: [jg.escribano@uam.es](mailto:jg.escribano@uam.es), [marta.valls@estudiante.uam.es](mailto:marta.valls@estudiante.uam.es).

**Acuerdo:** La finalidad y naturaleza de esta investigación ha sido suficientemente explicada y acepto participar en este estudio. Entiendo que yo libre de rescindir mi participación en el mismo en cualquier momento sin ningún tipo de sanción.

ID: \_\_\_\_\_

Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

## **G Contrato de Exclusión de Responsabilidad**

# Contrato de Exclusión de Responsabilidad

**EXPRESIÓN DE ASUNCIÓN DE RIESGOS:** Yo, el firmante soy consciente que existen riesgos significativos incluidos en los aspectos de la simulación de las caídas. Estos riesgos incluyen, pero no se limitan a caídas que pueden tener como resultado lesiones severas, lesión debido al mal uso del equipo; fracturas, esguinces. Soy consciente de que cualquiera de los riesgos aquí mencionados puede resultar en una lesión severa.

Asumo, por voluntad propia, toda responsabilidad de los riesgos a los que me estoy exponiendo y acepto toda la responsabilidad por cualquier lesión que pueda resultar de la participación en esta actividad mientras me encuentre bajo la supervisión del Amllab.

Por medio de la presente convengo que no tengo impedimento físico alguno ni lesiones o enfermedades que puedan poner en peligro mi persona o a otros.

**EXENCIÓN:** Teniendo en consideración los riesgos y peligros mencionados y en consideración del hecho de que estoy participando por mi propia voluntad en el experimento ofrecido por Amllab. Yo, el firmante por la presente eximo a Amllab sus trabajadores, becarios y alumnos de cualquier juicio, reclamo o demanda de acciones o derechos de acción que estén relacionados o surjan a partir o estén conectados de cualquier manera con mi participación en esta actividad incluyendo aquello que pueda ser atribuido al acto negligente o a la omisión de las partes arriba mencionadas. Este acuerdo es vinculante sobre mí, mis sucesores, representantes, herederos, etc. Si cualquier parte de este acuerdo es tomado inválido, yo acepto que la parte restante del acuerdo se mantenga con toda su fuerza legal y efecto.

**INDEMNIZACIÓN:** El participante reconoce que hay riesgo involucrado en el experimento a realizar con Amllab. Por lo tanto, el participante acepta la responsabilidad civil-patrimonial por cualquier lesión que el participante pueda causarse a sí mismo debido a su negligencia. En caso de que cualquiera de las partes ya mencionadas, o cualquiera actuando en lugar de ellas requiera los servicios de un abogado, acuerdo reembolsarlos por tales costos.

Declaro que habiendo leído y comprendido la asunción de riesgos y la exención de responsabilidad

Firma: \_\_\_\_\_ Fecha: \_\_\_\_\_

Nombre y apellidos: \_\_\_\_\_

## ***H Encuesta del Experimento***

### **Encuesta del experimento**

---

**¿Te ha parecido incómodo?**

☐ Sí      ☐ No

**¿Te ha parecido complicado de llevar a cabo?**

☐ Sí      ☐ No

**¿Te parece aceptable la duración del experimento?**

☐ Sí      ☐ No

**¿Te parece útil el propósito del experimento?**

☐ Sí      ☐ No